

Özet

Bu çalışmada, birçok kullanım alanına sahip olan domatesin püre formuna farklı miktarlarda (30 g kg⁻¹, 50 g kg⁻¹ ve 100 g kg⁻¹) bezelye, soya ve mercimek proteinleri ve sabit oranda (10 g kg⁻¹) zeytin tozu eklenmiştir. Eklenen protein tozlarının neden olabileceği denatürasyonun tespiti için Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DTK) tekniği kullanılmış olup, çalışmanın en yüksek sıcaklığı olan 60 °C'ye kadar hiçbir tepkime gözlemlenmemiştir. Mekanik alanda Nükleer Manyetik Rezonans (TD-NMR) Relaksometri tekniği kullanılarak eklenen protein tozlarının domates püresi ile olan etkileşimi incelenmiştir. 20 °C, 40 °C ve 60 °C'de hazırlanan numuneler, reolojik açıdan karakterize edilip bütün veriler üssel yasa modeline uydurulmuştur. Üssel yasanın kıvam indeksi Arrhenius modeline uydurulmuş ve sıcaklığın kıvam üzerindeki etkisi matematiksel olarak formülize edilmiştir. Sıcaklığın ve eklenen protein tozu miktarının ürün reolojisi üzerinde istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olduğu görülmüştür (p<0.05). Püre içerisinde kullanılan mercimek ve soya proteinlerinin artması K_∞ değerini artırırken, bezelye proteininde ise tersi etki gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Domates, Reoloji, TD-NMR

Giriş

Akdeniz diyetinin vazgeçilmez bir parçası olan domates ülkemizde üretimi ile dünyada önemli bir yere sahiptir. Domates, her tarife uygun lezzetinin yanı sıra sağlıklı ve dengeli beslenme için oldukça önemlidir. Yüksek A, C vitaminleri ve likopen içeriği ile kardiyovasküler, diyabetik ve kanser hastalıkları riskini azaltabilen zengin bir antioksidan kaynağıdır. Malzemelerin akış davranışını inceleyen ve akış bilimi olarak da bilinen bilim dalına reoloji denir. Mekanik bir kuvvete maruz kalan bir madde, kuvvete akış deformasyonu ile tepki verir. Oluşan akış ile oluşan deformasyon reoloji bilimi ile incelenir (Goldsmith & Turitto, 2018). Reolojiye dayalı olarak gıdalar sıvılar, yarı katılar ve katılar olarak sınıflandırılır. Sıvıların reolojik özellikleri viskozite ile katılarınki ise esneklik ile ifade edilir (Fischer ve Windhab, 2011).

Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DSC), malzemelerin termal analizi için kullanılan termoanalitik bir yöntemdir. DSC, numune ısıtılırken, soğutulurken veya sabit bir sıcaklıkta tutulurken emilen veya salınan enerji miktarını ölçer (Gill ve diğerleri, 2010). Ölçüm işleminde, makineye bir referans ve bir numune konularak, ısıtma sırasında denatürasyon veya faz değişimine uğrayan numune gözlemlenir. Daha sonra DSC, sıcaklığın bir fonksiyonu olarak ısı absorpsiyon hızının (dH/dt) bir termogramını çizer. Sabit ısıtma hızı dT/dt kullanıldığından, bu ısı absorpsiyon hızı numunenin özgül ısısı ile orantılıdır. Bu nedenle, numune endotermik veya ekzotermik reaksiyonlara girdiğinde termogramda tepe noktaları gözlemlenecektir. Grafik eğri altında tamamlandıktan sonra toplam enerji değişimi, entalpi olarak yorumlanır (Fava, 2003).

Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) gevşeme ölçümü, gıda endüstrisinde yaygın olarak kullanılan bir analizdir. Moleküler yapının kimyasal bileşimini analiz eder ve moleküllerin dinamiklerini gözlemler. Çalışma prensibi, spin gevşemesinin manyetik alan bağımlılığına dayanmaktadır. Manyetik alanın olmadığı ortamlarda spinler sağ el kuralına göre koordinat düzleminin z ekseninde hareket eder. Belirli bir manyetik alana RF darbesi (radyo frekansı) uygulandığında, z düzleminde hareket eden parçacıklar xy düzleminde hareket etmeye başlar. RS darbesinin kaybolmasından sonra xy düzleminde hareket eden spinlerin z düzlemine gelmesi durumunda geçen süreye spin gevşeme süresi denir. T1 geri kazanım ve T2 bozunma eğrileri, r sırasındaki dönüş hareketi tarafından taranan düzleme göre şekillendirilir. Çalışma prensibi, denge dağılımını geri döndürmeye çalışan eksizyonlu manyetik duruma dayanır. Bu analizde popülasyon oranları darbe ile değişir ve manyetik alan bileşenlerini oluşturur (Ateş vd., 2021).

Gıda ürünlerinin içeriğinin bileşimi, yoğunluğu, moleküler boyutu gıdanın rengini etkileyen önemli faktörlerdir ve gıdanın rengi tüketici tarafından kolaylıkla test edilir ve gıda kalitesini ölçmek için kullanılan basit yollardan biridir (Markovic et al.). Gıda ürünlerinin muayenesi ve görüntülerinin analizi spektrofotometre kullanılarak yapılır. Ölçüm yapılırken, ürünün kaydedilen her yüzeyindeki pikselin parametreleri bilinmelidir. Gıda renk analizinde CIE L*a*b* renk uzayı kullanılır. Bu sistemin gıdalarda renk analizi için sıklıkla kullanılmasının nedeni, renk dağılımının daha düzgün ve kesin bir sırayla yapılmasıdır (León vd., 2006).



Materyal ve Yöntem

Materyaller	Miktar (g)
Domates Püresi	50
Bezelye Proteini Tozu	1,5-2,5-5
Soya Proteini Tozu	1,5-2,5-5
Mercimek Proteini Tozu	1,5-2,5-5
Zeytin Tozu	1

3. NMR T₂ Relaksasyonu

1000 eko sayısında ve 1800 µs zaman aralığında T₂ ölçümleri yapıldı.

4. Renk Analizi

Δa, Δb, ΔL değerleri spektrofotometre kullanılarak hesaplandı.

1. Reolojik Analizler

Brookfield RST modelindeki rotasyonel reometre 2.5 mm çapında ve 37.5 mm yüksekliğindeki bob, 27.2 mm çapındaki cub ile 0.0013 s⁻¹ ile 100 s⁻¹ arası ölçüm yapıldı ve üssel yasa yöntemi kullanıldı. Değerler 20 40 ve 60 için ayrı ayrı hesaplandı.

2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DTK)

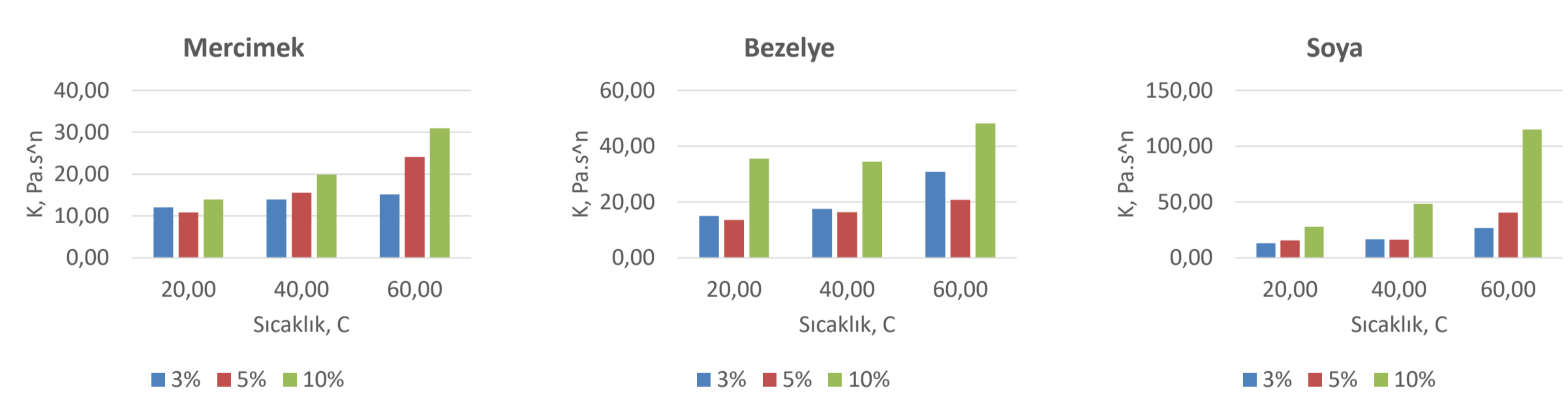
Bezelye, soya ve mercimek protein tozları içeren örnekler 20°C 'den 60 °C 'ye kadar ölçülmüştür.

Bulgular ve Tartışma

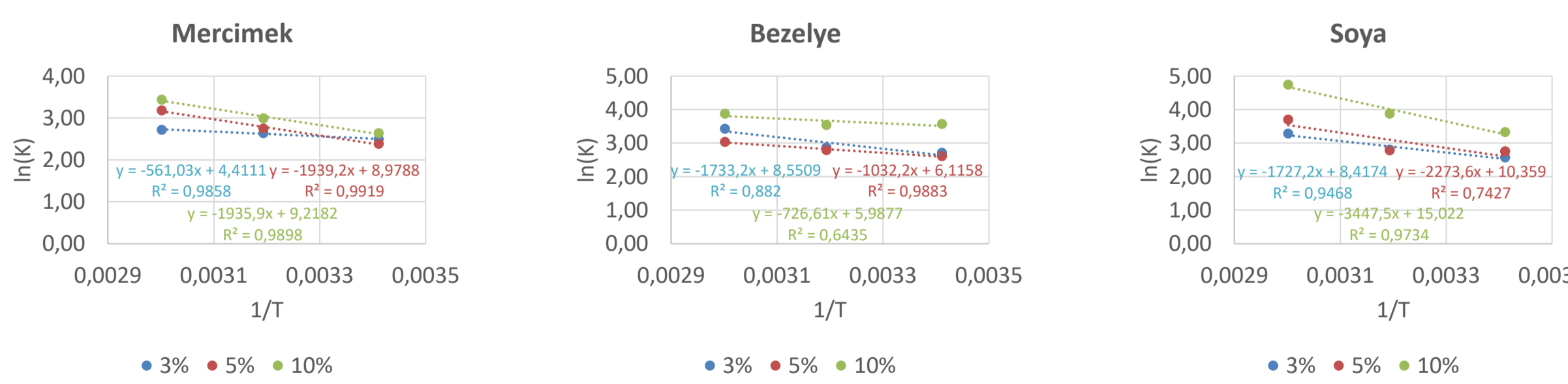
1- Reolojik Analizler

Eşmerkezli silindirik viskozimetresi kullanılarak tork değerleri hesaplanmıştır. R² değerine göre düşük üstel modeli seçildi. Deneyin ikinci bölümünde, Arrhenius denklemi uygulandı. Viskoziteyi k olan sabitlik indeksi ile değiştirdik. 1/T vs. ln(k) grafiğini çizerek, farklı sıcaklıklar için 20, 40 ve 60 olan K değerlerini kolayca elde ettik.

Reolojik Analizler (Power Law Modeli)



Reolojik Analizler (Arrhenius Denklemi)



Reolojik Analizler (Arrhenius Denklemi)

	Mercimek	Bezelye	Soya
3%	$K = 82.36 \times e^{-\frac{561.03}{T}}$	$K = 5171.41 \times e^{-\frac{1733.20}{T}}$	$K = 4525.35 \times e^{-\frac{1727.15}{T}}$
5%	$K = 7933.11 \times e^{-\frac{1939.19}{T}}$	$K = 452.96 \times e^{-\frac{1032.20}{T}}$	$K = 31535.63 \times e^{-\frac{2273.63}{T}}$
10%	$K = 10078.91 \times e^{-\frac{1935.89}{T}}$	$K = 398.51 \times e^{-\frac{726.61}{T}}$	$K = 3340237.97 \times e^{-\frac{3447.53}{T}}$

2. Diferansiyel Taramalı Kalorimetri (DTK)

20°C- 60°C sıcaklıkları arasında formülasyonda denatürasyon veya jelatinizasyon olayları görülmemiştir.

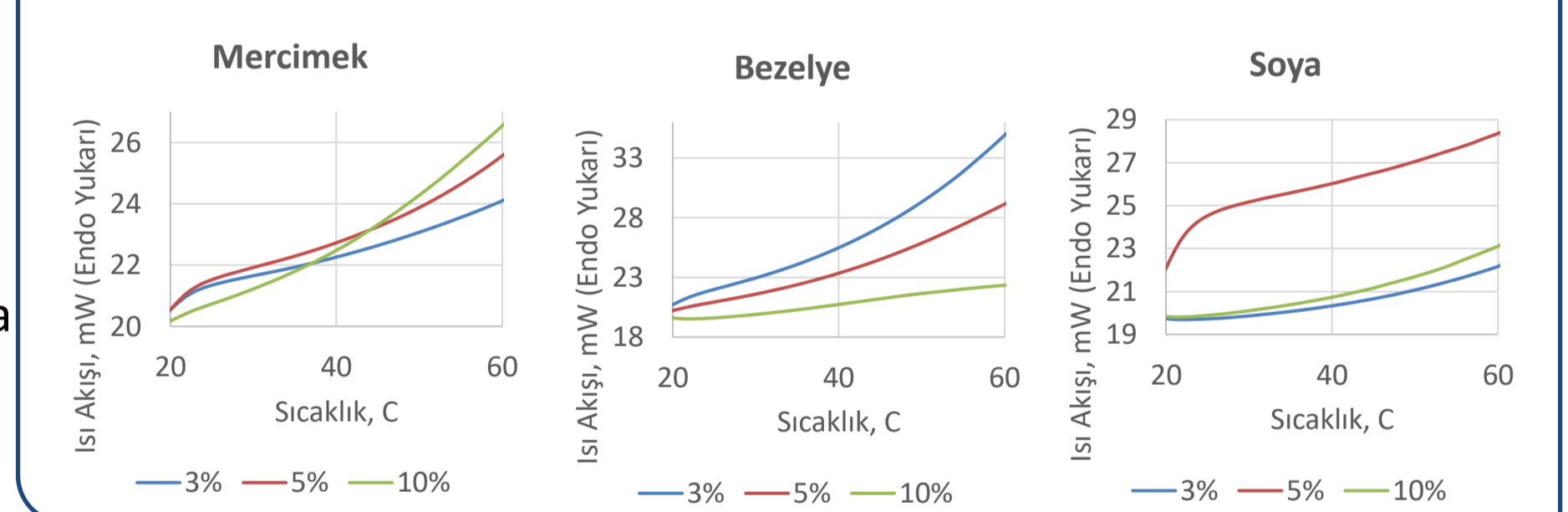
3. NMR T₂ Relaksasyonu

Konsantrasyon arttıkça T₂ değerleri hem T₂₁ hem de T₂₂ için azalmaktadır. Bu durum, bağlı su miktarı artarken serbest suyun azaldığını gösterir.

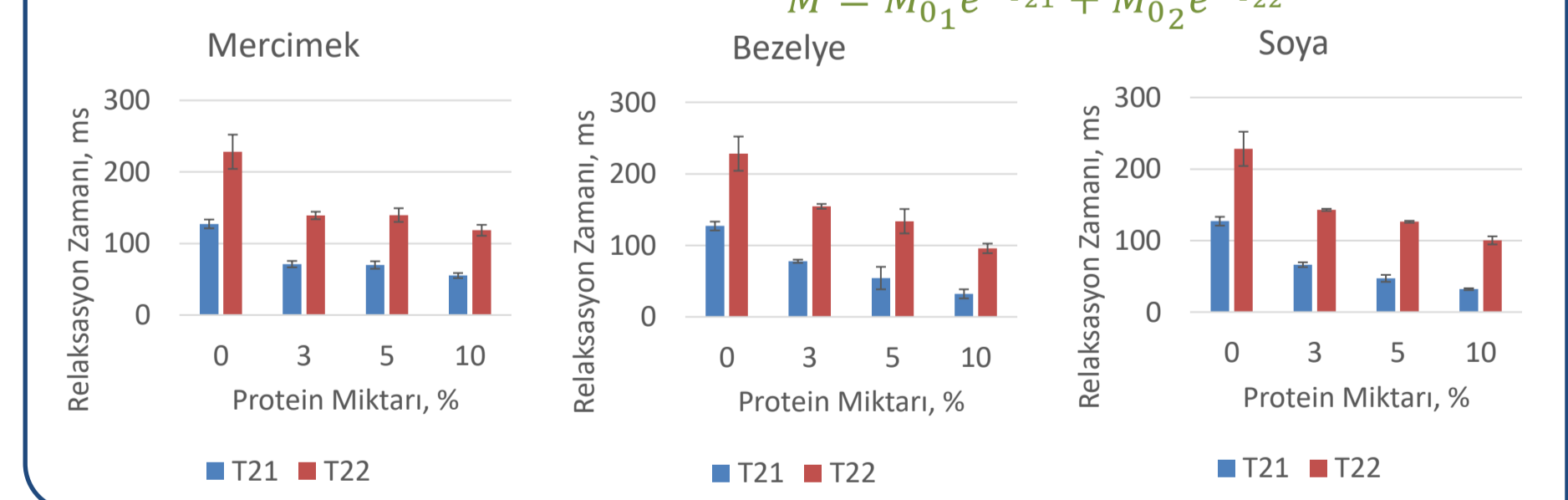
4. Renk Analizi

Farklı protein tozları için kırmızı ve sarı arasında farklı renk aralıkları gözlenir. Referans rengi beyazdır ve ΔL değerleri negatif sonuç vermektedir.

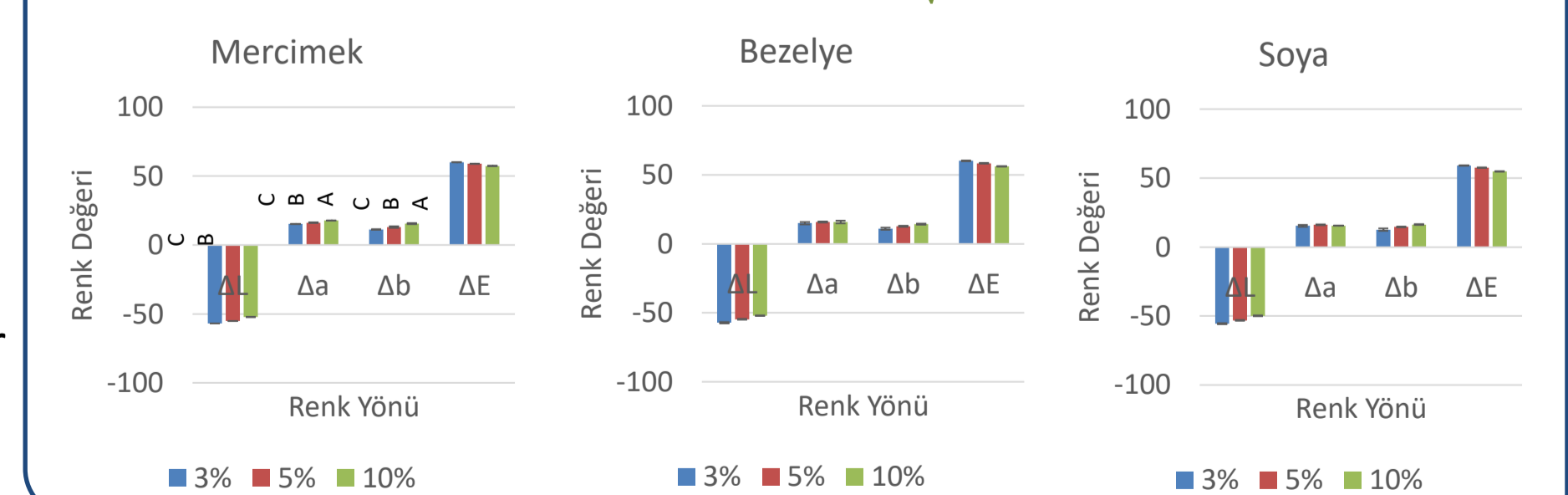
Diferansiyel Taramalı Kalorimetri



NMR T₂ Relaksasyon Ölçümü



Renk Analizi



Referanslar

- Abts, E. G., Domanti, V., Florek-Wojciszewska, M., Gradisek, A., Kruk, D., Malta-Strmecki, N., Ostap, M., Ouyang, E. B., & Rallek, A.-I. (2021, February 18). Field-dependent NMR relaxometry for food science: Applications and Perspectives. *Trends in Food Science & Technology*. Retrieved February 4, 2022, from https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0924224421001333?casa_token=LNPIcMcu5QAAAAAA33861y5kwwB3PvOkeq5y5_07dVUJ_2275c5ndh6Gnu8Qd5pIqj9vGmXqVf8A
- Eparachchi, J. A. (2014, March 27). The effect of viscoelasticity on fatigue behaviour of polymer matrix composites. *Creep and Fatigue in Polymer Matrix Composites*. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B97818456656500178>
- Fava, R. A. (2003, April 16). Differential scanning calorimetry of epoxy resins. *Polymer*. Retrieved January 21, 2022, from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0021899503000244>
- Figura, I. O., & Teixeria, A. A. (2007). *Food physics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Fischer, P., & Windhab, E. (2011). *Rheology of Food Materials*. Request PDF | ResearchGate. Retrieved February 4, 2022, from https://www.researchgate.net/publication/240654730_Rheology_of_Food_Materials
- Fulkerson, G. D., Potter, J. L., & Dornblath, N. C. (n.d.). NMR relaxation of protons in tissues and other macromolecular water solutions. *Magnetic resonance imaging*. Retrieved February 4, 2022, from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/6927208/>
- Gill, P., Moghadam, T. T., & Ranjbar, B. (2010, December). Differential scanning calorimetry techniques: Applications in biology and Nanoscience. *Journal of biomolecular techniques*. Retrieved January 21, 2022, from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2977967/>
- Goldsmith, H. L., & Turitto, V. T. (2018, July 18). Rheological aspects of thrombosis and haemostasis: Basic principles and applications. *Thrombosis and Haemostasis*. Retrieved February 4, 2022, from <https://www.thieme-connect.com/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0038-1661578>
- León, K., Mery, D., Pedreschi, F., & León, J. (2006, March 30). Color measurement in Markovic, I., Ilic, B., Markovic, D., Simonovic, V., & Kosanic, N. (n.d.). COLOR MEASUREMENT OF FOOD PRODUCTS USING CIE L*a*b* AND RGB COLOR SPACE. *Journal of Hygienic Engineering and Design*.
- Sahn, S., & Sumnu, S. G. (2011). *Physical properties of foods*. Springer.

Sonuçlar

Yapılan çalışmanın sonucunda, eklenen farklı protein tozlarının ve miktarlarının domates sosları üzerinde kıvam, renk bağlı ve serbest su miktarı gibi önemli parametrelerle değişimlere sebep olduğu görülmüştür.